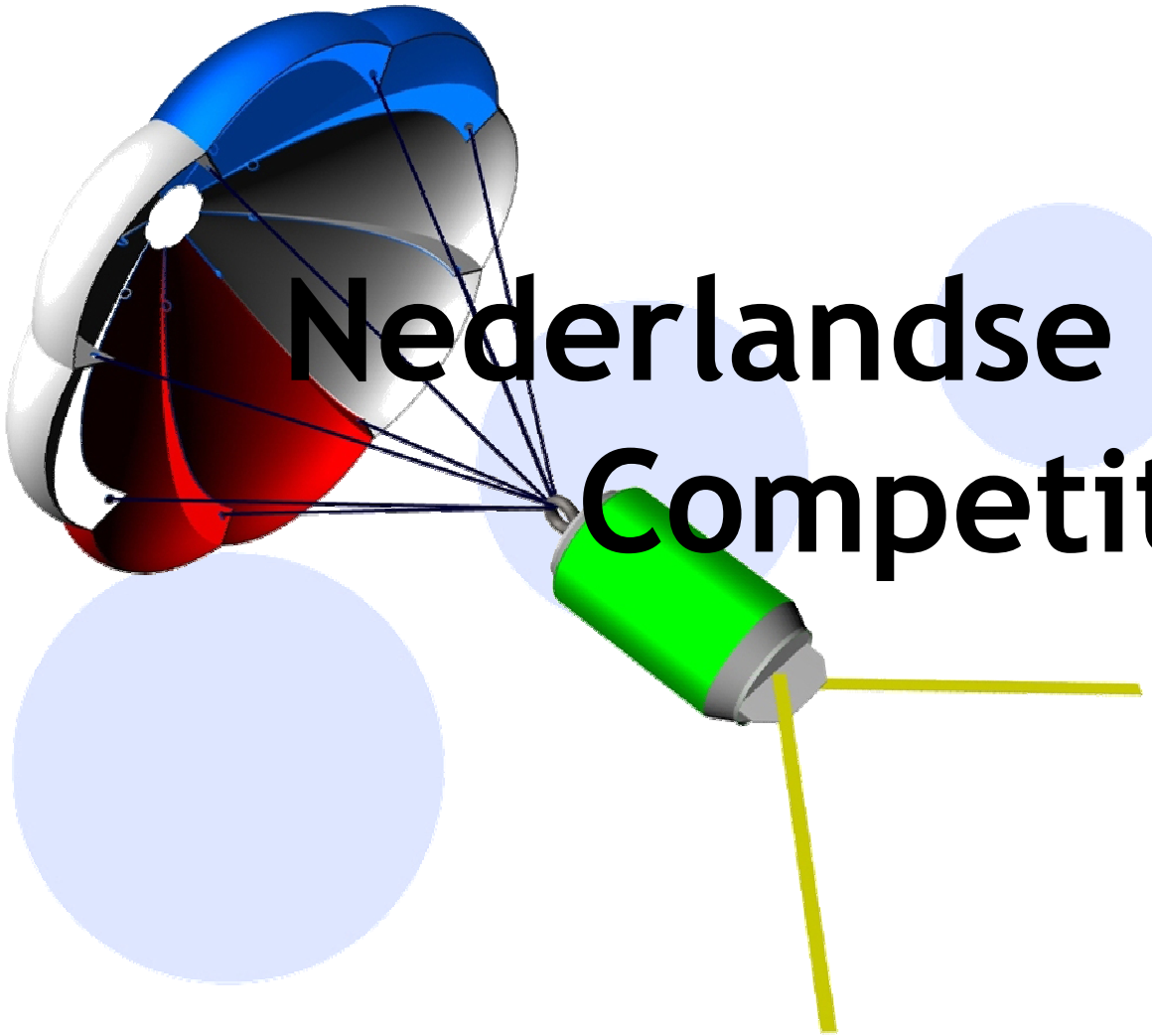
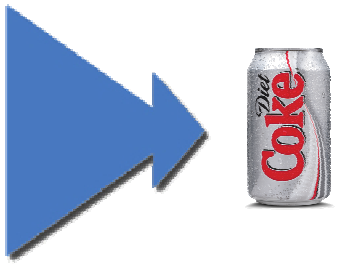


Nederlandse CanSat Competitie

Lespakket 1 - Introductie

Wat is een satelliet

- Doelen
  - Het CanSat concept begrijpen
  - Uit welke onderdelen bestaat een satelliet
  - Uit welke onderdelen bestaat een CanSat

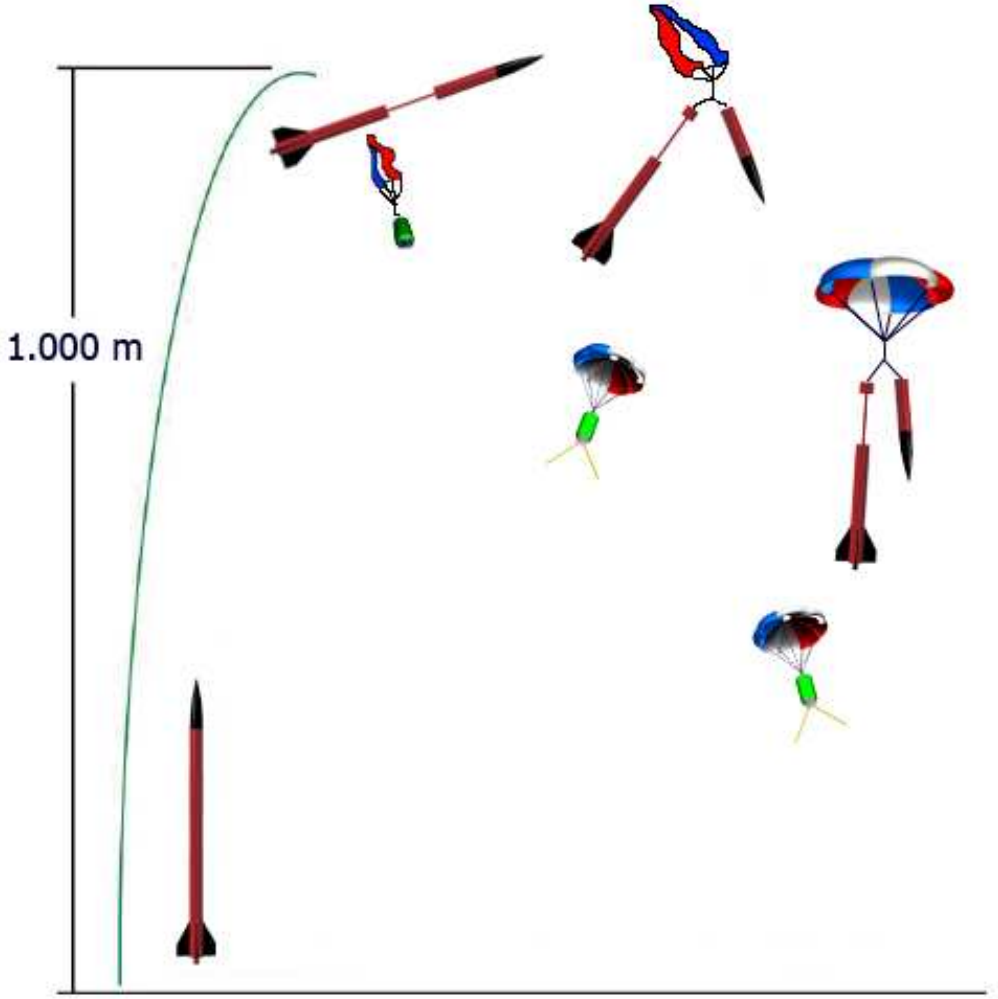


CanSat introductie

- Een CanSat is een simulatie van een **echte** satelliet
  - Het vervuld een missie en verzameld gegevens, in dit geval twee
  - Typische missies zijn atmosfeermetingen, beeldopnamen, communicatie en navigatie
  - De missie kan simpel of complex zijn, maar de belangrijkste eis is dat de missie in een frisdrankblikje past
- Deze lespakketten leggen uit hoe een CanSat gebouwd moet worden
  - Alle belangrijke deelsystemen van een satelliet komen aan bod

Hoe wordt de CanSat gelanceerd

- Een CanSat wordt met een amateurraket gelanceerd
  - De raket heeft een diameter van 10 cm en is 2 m lang
  - De raket gaat tot een hoogte van 1 km
  - De CanSat bevind zich boven de motor van de raket
- Als de raket een hoogte van 1 kilometer bereikt dan wordt de CanSat losgelaten om vervolgens aan een parachute af te dalen
- De raket zal hierna ook zijn parachute ontplooien om gecontroleerd af te dalen



CanSat systeem specificaties

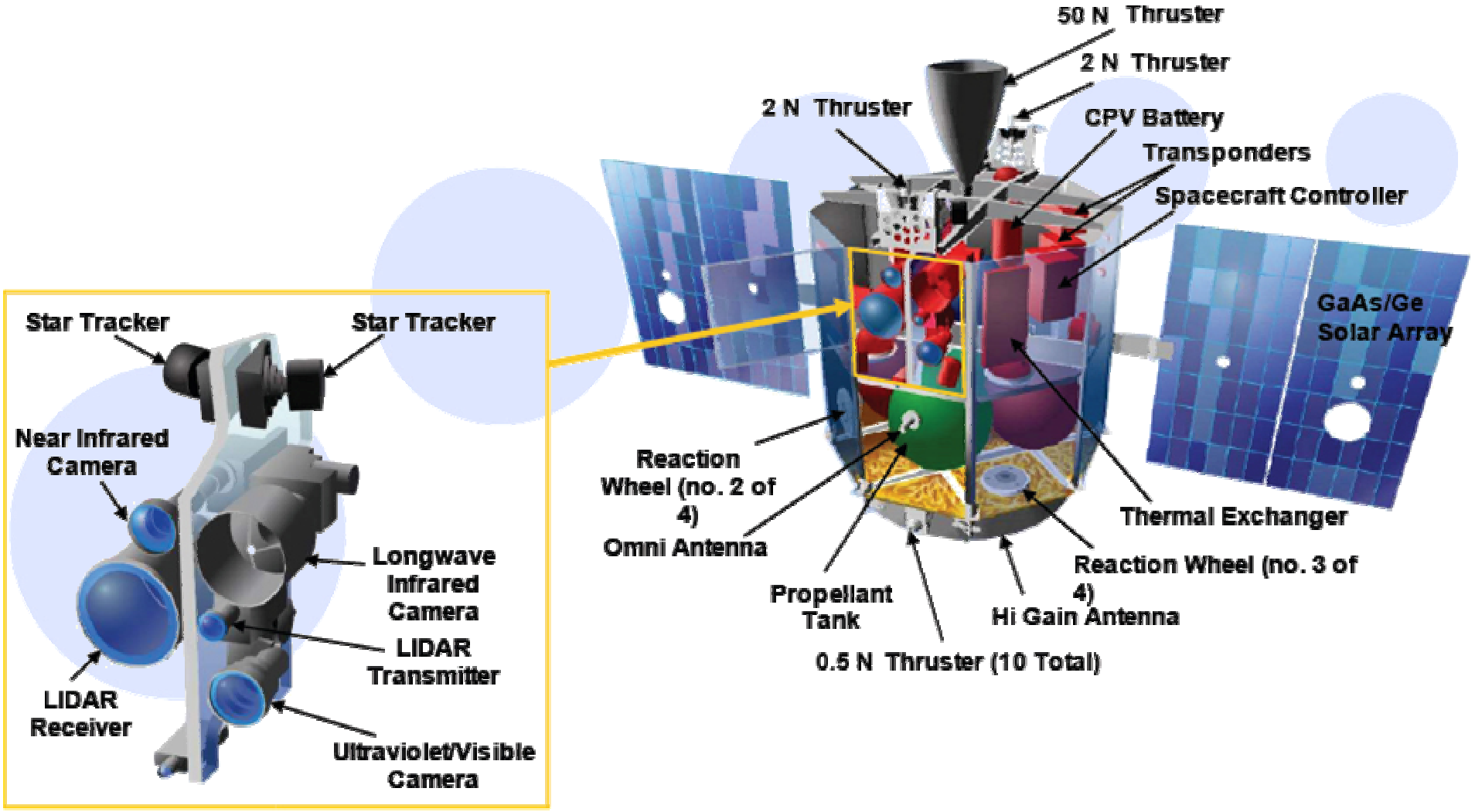
Een aantal belangrijke eisen:

- De behuizing wordt gemaakt van een standaard frisdrankblikje
- Er mogen geen onderdelen buiten het blikje uitsteken, behalve de parachute en de antennes
- Het maximum toegelaten gewicht is 370 gram
- De CanSat moet gebruik maken van een elektronische vermogensvoorziening (batterij)

Satelliet deelsystemen

- Een satelliet bestaat uit 6 basis deelsystemen:
  - Vermogensvoorziening
  - Gegevensverwerking eenheid
  - Communicatie
  - Sensoren
  - Structuur (ofwel draagconstructie)
  - Standregeling
- Op de volgende pagina's worden deze systemen uitgelegd aan de hand van een voorbeeld:
  - *Clementine* is een kleine satelliet uit 1994 die de foto's van de Maan heeft gemaakt
  - Voor meer informatie: http://www.pxi.com/Clementine

De *Clementine* satelliet



Vermogensvoorziening Zonnecellen

- De vermogensvoorziening levert elektrisch vermogen aan de satelliet
  - Energie komt van de zonnepanelen, batterij of brandstofcel
- Zonnepanelen bestaan uit zonnecellen; gemaakt van halfgeleiders. Ook wel fotogalvanische cel genoemd
  - Deze cellen zetten zonlicht direct om in energie
- Er zijn verschillende soorten zonnecellen genaamd naar de gebruikte halfgeleider: Silicium (Si), Gallium Arsenide (GaAs) en Gallium Arsenide/Germanium (GaAs/Ge); Elk van deze heeft een ander rendement en fabricagekosten
- Ontwerpers selecteren een type zonnecellen die aan hun vermogenseisen, budget, massa en afmetingen voldoen

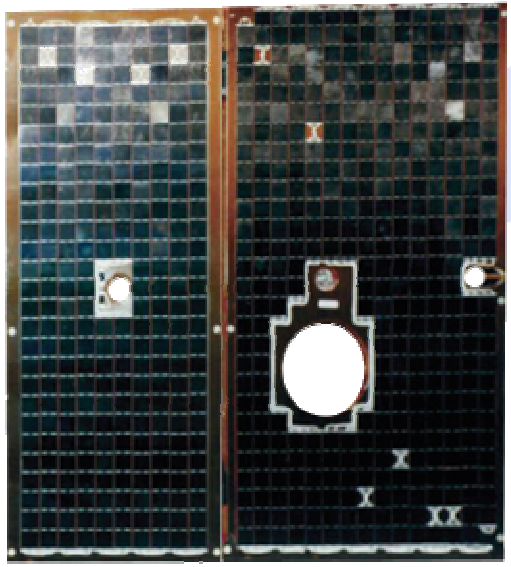
Vermogensvoorziening Batterijen

Er zijn maar enkele typen batterijen die geregeld in satellieten worden gebruikt

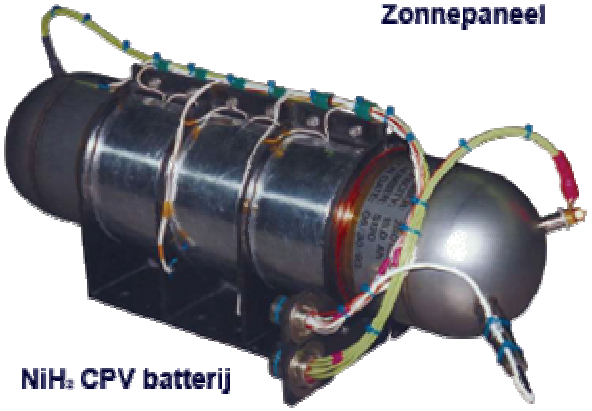
- Nickel Cadmium (NiCd) batterijen: de meest gebruikte type batterij en vergelijkbaar met de standaard oplaadbare batterijen voor de consumentenmarkt
  - Deze batterijen worden opgeladen door de zonnepanelen en worden gebruikt als de satelliet zich *achter* de Aarde bevindt (eclips)
- Nickel Waterstof (NiH_2) batterijen: Een nieuwer type batterij die steeds vaker wordt toegepast
  - Deze batterijen zitten in een drukvat
- Lithium Ion (Li-Ion) batterijen: Een nieuwe technologie die mondjesmaat in satellieten wordt toegepast
  - Deze batterijen leveren het hoogste niveau aan energiedichtheid
  - Hebben bescherming nodig van de ruimte omgeving
  - De batterijen kunnen exploderen als ze te leeg zijn of te hoog worden opgeladen

Vermogensvoorziening *Clementine*

- Deze zonnepanelen zijn ontwikkeld door Applied Solar Energy Corporation en leveren het vermogen aan alle deelsystemen op de satelliet
  - De zonnecellen waren op dat moment de dunste cellen in gebruik met een dikte van 0.14 mm
  - De twee zonnepanelen kunnen onafhankelijk worden geroteerd richting de Zon
  - Tijdens de missie generen de zonnepanelen ongeveer 360 Watt aan energie (dus gelijk aan zes 60 Watt lampen)
- Een lichtgewicht NiH_2 drukvat (CPV) batterij vervulde de energie voorziening tijdens eclips en op momenten dat er veel vermogen nodig was
  - De *Clementine* missie was de eerste ruimtemissie die gebruik maakte van een NiH_2 drukvat batterij en kon een vermogen van 420 Watt leveren



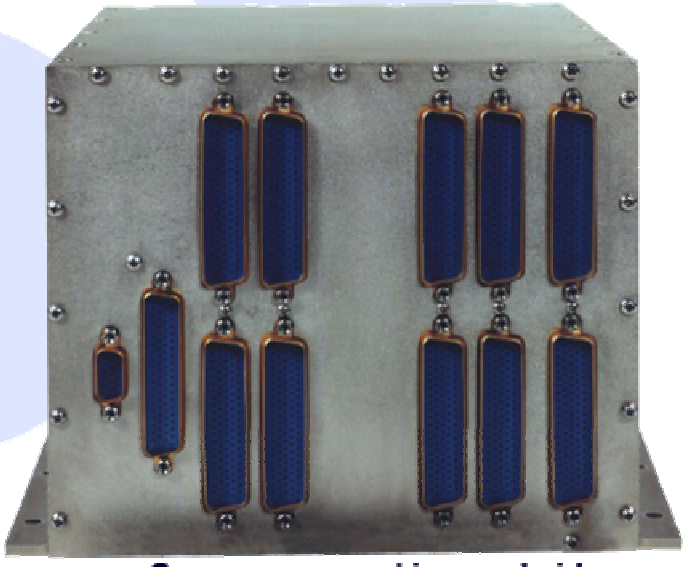
Zonnepaneel



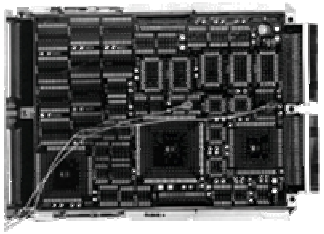
NiH_2 CPV batterij

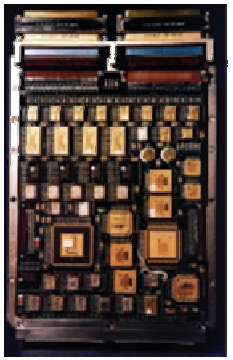
Gegevensverwerking eenheid

- De gegevensverwerkingseenheid is een computer die de stroom van gegevens en instructies controleert
  - Deze bestuurt de payloads en verzameld de gegevens van de payloads
  - Deze accepteert commando's die ontvangen worden door het communicatie deelsysteem en verstuurd gegevens via dit deelsysteem naar het grondstation
  - Het is het brein van de satelliet



Gegevensverwerking eenheid

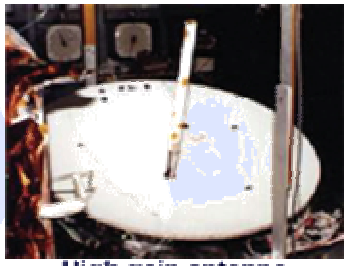


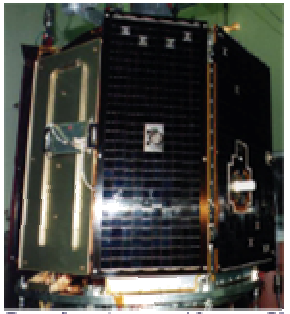


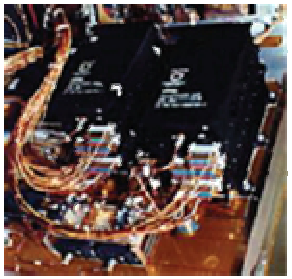
Printplaten

Communicatie

- De satelliet heeft een radio-ontvanger om commando's van het grondstation te ontvangen
  - Het grondstation is een locatie waar alle apparatuur staat om de satelliet aan te sturen
    - Commando's zijn meestal kort en de bandbreedte die wordt gebruikt is laag
    - Een lagere bandbreedte beperkt de complexiteit van de ontvanger aanboord van de satelliet en zal het aantal fouten in het bericht beperken
- De satelliet heeft een zender om telemetrie (gegevens van de payload en de satelliet die verzonden worden)
  - De zender heeft meestal een hogere bandbreedte als de ontvanger
  - De hoeveelheid gegevens aan telemetrie is groot en vereist een hogere bandbreedte door de beperkte tijd dat de satelliet en het grondstation elkaar kunnen zien
    - Hoge bandbreedtes vereisen complexere gegevensopmaken en foutdetectie en -correctie protocollen

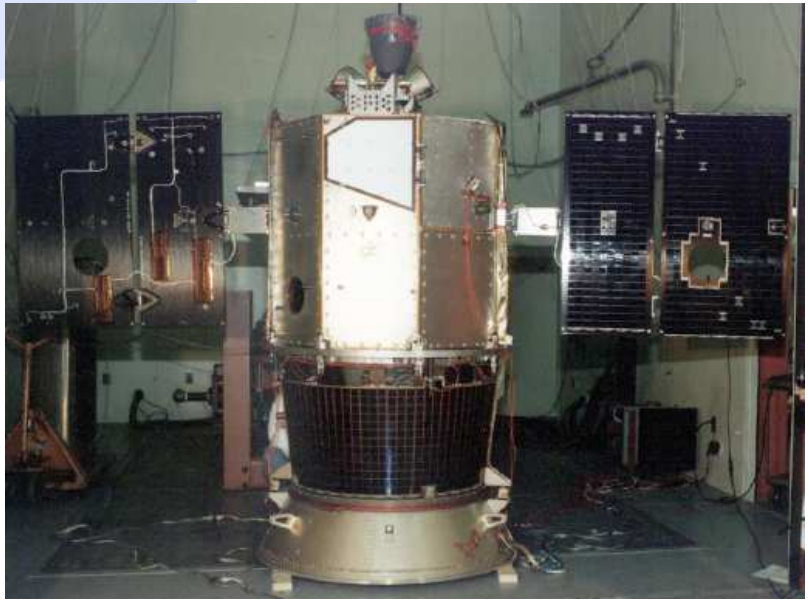

High gain antenne


Omni antenne (1 van 2)


Transponders

Structuur

- In het algemeen wordt de structuur van een satelliet van aluminium gemaakt
  - Het chassis van een satelliet bestaat uit geëxtrudeerde aluminium staven
  - Panelen worden meestal van honingraat panelen gemaakt om gewicht te besparen, zonder stijfheid te verliezen



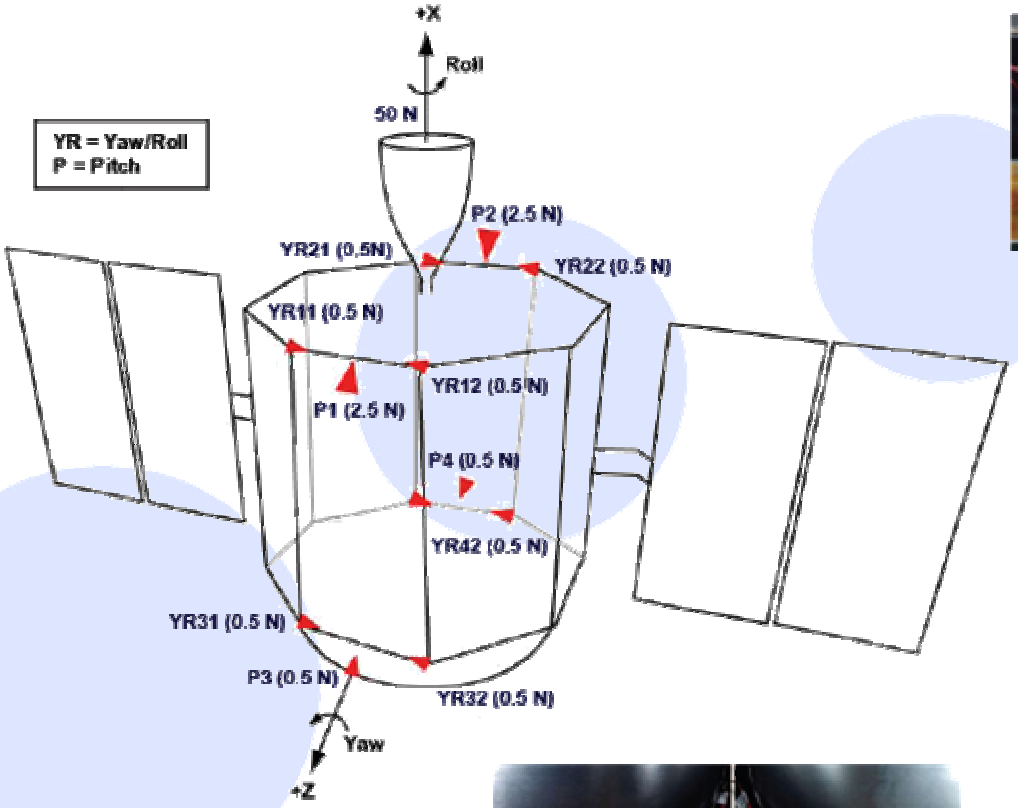
Standregeling

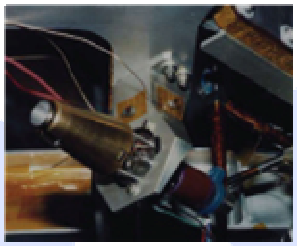
- Het standregeling deelsysteem zorgt er voor dat de oriëntatie van de satelliet bestuurd kan worden
  - In veel gevallen moeten sensoren en payloads in specifieke richtingen wijzen
  - Daarom moet een satelliet zo worden georiënteerd dat de sensoren gedurende gehele missie altijd goed gericht zijn
- Een apparaat dat gebruikt kan worden is een reactiewiel
  - Dit is een vliegwiel dat zeer snel roteert
  - Door de rotatiesnelheid aan te passen kan de satelliet om een specifieke as worden geroteerd
  - Door actie/reactie zal de satelliet in tegenovergestelde richting van de snelheidsverandering roteren
- Om de rotatie te meten kan een gyroscoop worden gebruikt
  - Deze meet de rotatiesnelheid van de satelliet

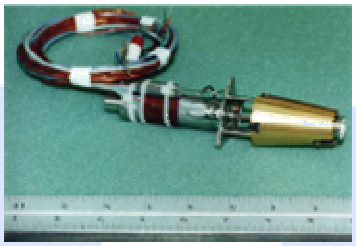
Lichtgewicht reactiewiel
(22.5 cm dia. x 6 cm hoog

Ring laser gyroscoop
traagheidsmeeteenheid

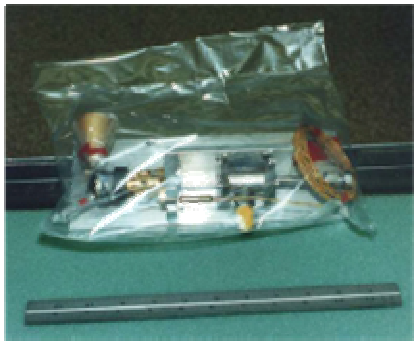
Voortstuwing



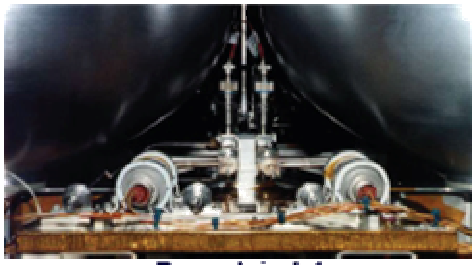




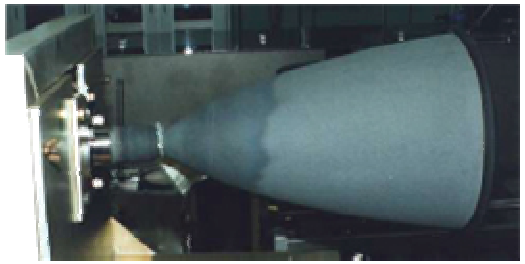
0.5 N thruster



2.5 N thruster



Propulsiedek



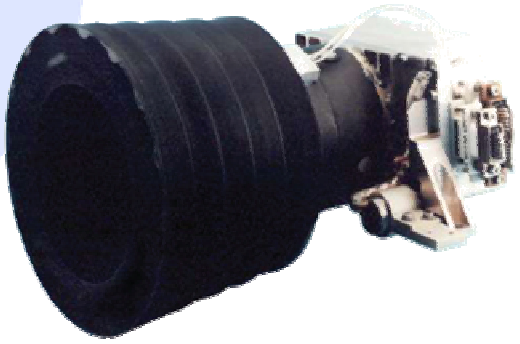
50 N thruster

Satellietbus en payload

- The satellietbus omvat alle deelsystemen die hiervoor zijn uitgelegd
- Een satellietbus kan vergeleken worden met een vrachtwagen:
  - Gegevensverwerking is equivalent aan de chauffeur
  - Communicatie ‘is’ de claxon en de *CB* radio (*bakkie*)
  - De vermogensvoorziening ‘is’ de accu en de wisselstroomgenerator
  - Voortstuwing ‘is’ de motor en transmissie
  - De reactiewielen zijn equivalent aan de stuurinrichting
  - De structuur is het chassis en carrosserie
- De satellietbus is er om de “payload” te ondersteunen gedurende de levensloop van de satelliet
  - De “payload” is de betalende lading in de oplegger (De officiële Nederlandse term “nuttige lading” gebruikt eigenlijk niemand meer)

Sensoren

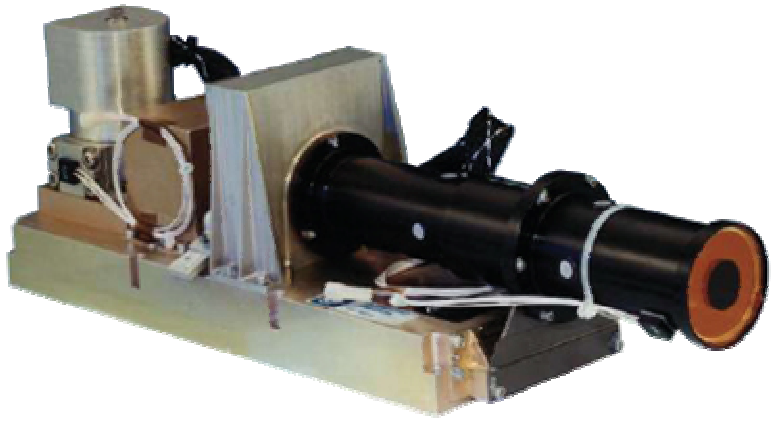
- Payloads op een satelliet zijn vaak sensoren:
  - Een radio ontvanger die specifieke signalen kan ontvangen
  - Een camera die plaatjes maakt van de Aarde in diverse spectra
  - Stralingsdetectoren of een ander soort detector



UV camera om het oppervlak van de Maan in kaart te brengen

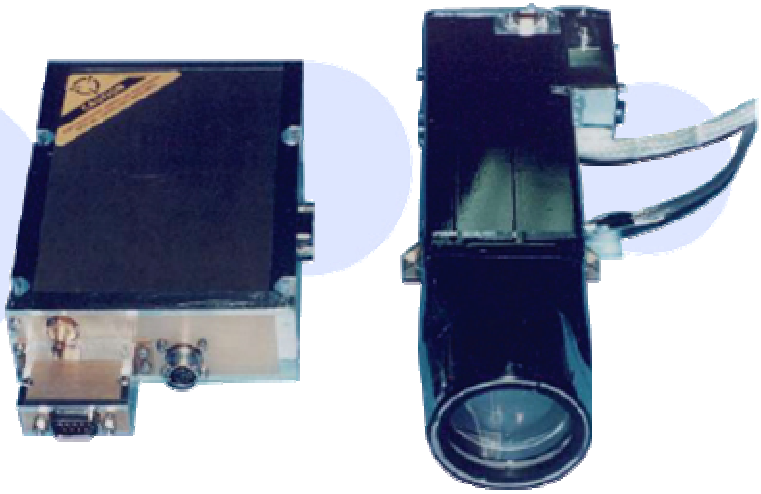
Nabij-infrarood camera

- The nabij-infrarood (NIR) camera gebruikte een Indium Antimonide (InSb), 256x256 pixel matrix die mechanisch gekoeld werd tot 70° K en gevoelig was voor golflengten tussen 0.9 en 1.3 micrometer
- Het gezichtsveld (FOV) was 5.6°x5.6°, met een direct-gezichtsveld (IFOV) van 396 micro-radialen
- De door Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) ontwikkelde NIR camera had een single pass band
- En 6-positie filterwiel was toegevoegd op aanvraag van het NASA wetenschappelijk advies-comité
- Het gehele systeem van de camera woog 1.92 kg



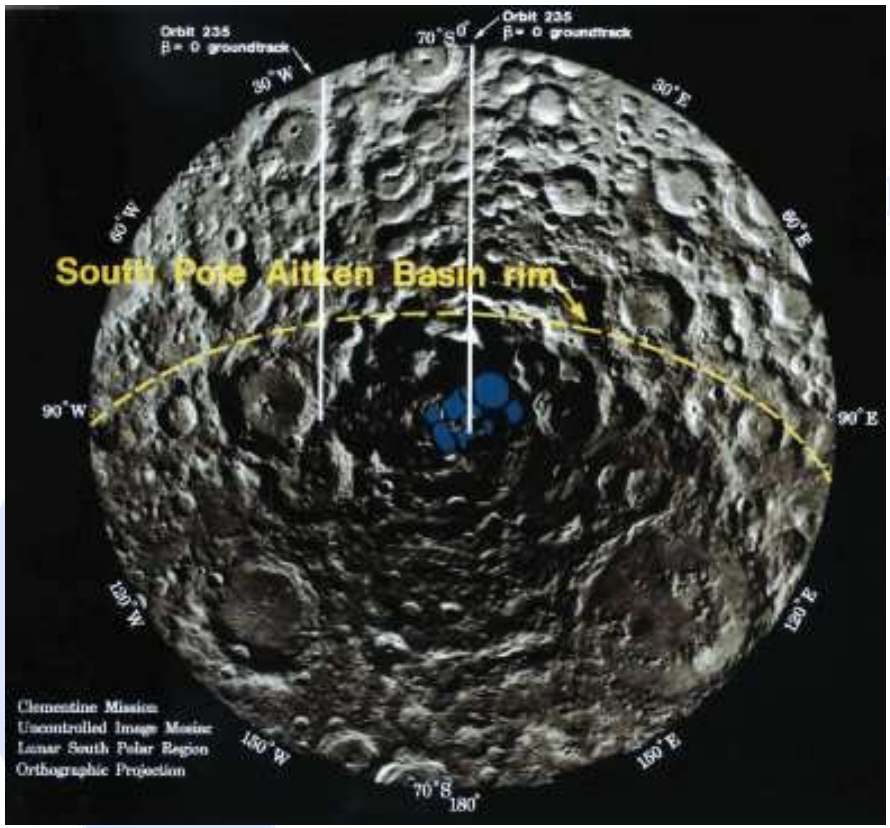
Laser meetsysteem

- LLNL heeft ook een laser-meetsysteem ontwikkeld om hoogte metingen te doen van het maanoppervlak
- De zender was een diode-gepompte Nd:YAG laser die uitzond op 1064 nm met 180 mJ per puls en een pulsduur van 10 ns
- De zender werkte constant op een 1 Hz pulstempo met korte signaalstoten op 8 Hz



- De laser en bijbehorende vermogensvoorziening wogen 1.25 kg en waren zeer compact
- Deze payload was 10x beter dan zijn voorganger qua massa en volume
- De ontvanger voor het laser-meetsysteem was een Avalanche fotodiode in een hoge resolutie camera die zijn optica deelde met de zender
- Afstandsmetingen konden gedaan worden tot een afstand van 640 km, met een resolutie van 40 m

Plaatjes van de *Clementine* sensoren



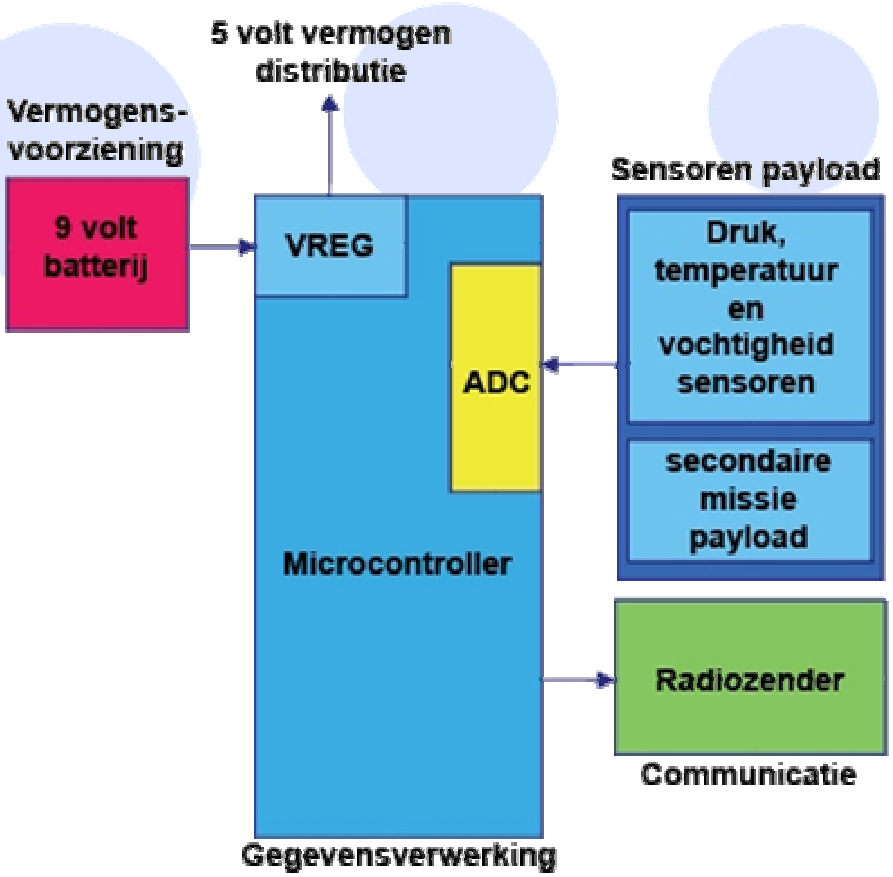
Maan zuidpool topografie

Samengestelde kleurenfoto van de Aarde

CanSat onderdelen

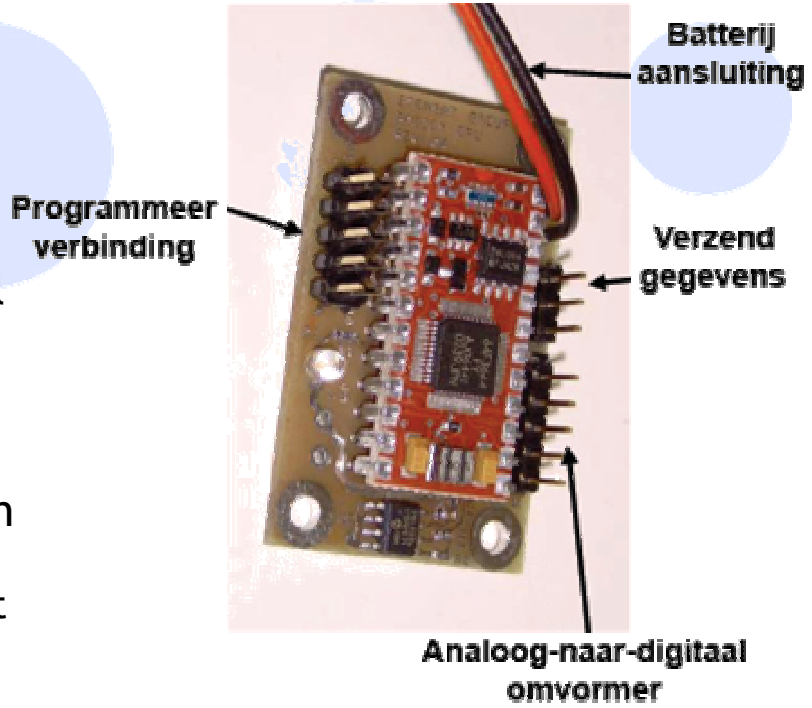
CanSat bus

- De CanSat bus bevat nagenoeg dezelfde deelsystemen als de *Clementine* satellietbus
  - De vermogensvoorziening is een 9 volt batterij die de rest van de bus van vermogen voorziet
  - De microcontroller is de gegevensverwerking eenheid die voor de verbinding met de payload zorgt
  - Het communicatie subsysteem is een radiozender die gegevens naar het grondstation verstuurd
- Het blokdiagram toont hoe de verschillende deelsystemen met elkaar in verbinding staan
- Het mechanische gedeelte is niet weergegeven



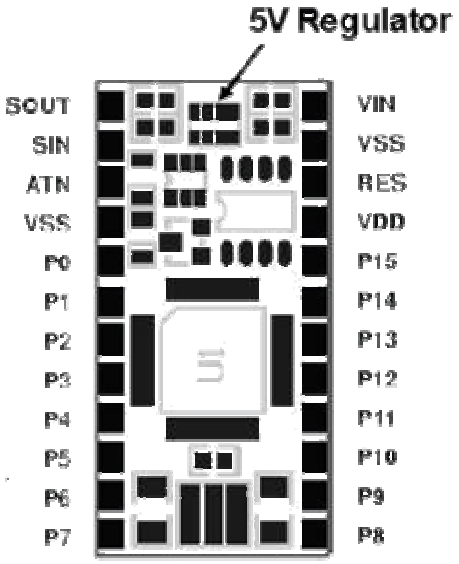
Gegevensverwerking eenheid

- De computer of het gegevensverwerking onderdeel van de CanSat kit maakt gebruik van de BASICATOM Pro 24-M processor unit
  - Deze heeft 2 Kb aan RAM en 32 Kb aan programma geheugen
  - Dit is heel erg veel minder dan in een PC, maar behoorlijk veel voor zo'n kleine chip
  - Maakt gebruikt van de BASIC programmeertaal
  - De processor heeft een ingebouwde BASIC 'interpreter' en kan 100.000 instructies per seconde uitvoeren
- De computer heeft een ingebouwde analoog-naar-digitaal omvormer die voltages omzet in digitale getallen
  - Dit is nodig als er met sensoren wordt gewerkt
- De computer heeft digitale in- en uitgangen die gebruikt kunnen worden om Logic Levels en controle apparaten te detecteren
  - Schakelen tussen verschillende Logic Levels is te vergelijken met een lichtschakelaar omhalen:
  - Er zijn maar 2 standen



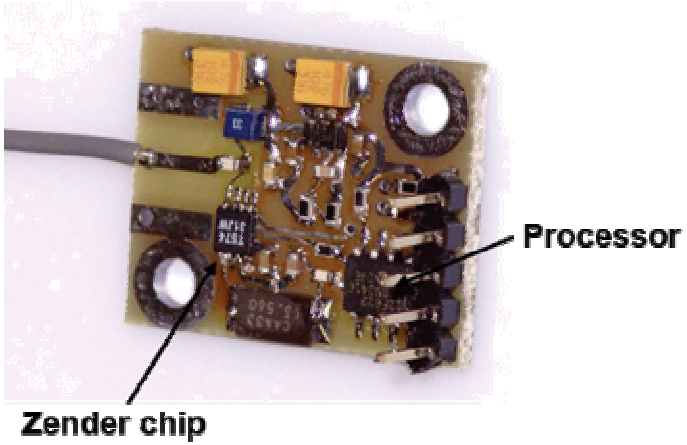
Vermogensvoorziening

- De vermogensvoorziening in de CanSat maakt gebruik van een 9 volt batterij
  - De alkaline batterij heeft een capaciteit van minimaal een half ampère uur (0.5 Ah)
  - Dus de batterij kan één uur lang 0.5 ampère leveren
  - In een typische toepassing levert de batterij zo'n 0.1 ampère continu, dus kan de batterij 5 uur worden gebruikt
  - In een typische MP3 speler houdt de batterij het ongeveer 17 uur uit
- De elektronica in de CanSat werkt op 5 volt gelijkspanning (Vdc van '**d**irect **c**urrent')
  - Dit is een standaard spanning dat vooral in computers wordt gebruikt
- Er zit een spanning regulator in de CanSat; die een specifieke spanning afgeeft onafhankelijk van welk spanning wordt aangeleverd
  - De alkaline batterij levert 9 Vdc, die de regulator moet omzetten naar 5 Vdc
  - Zolang de batterij leegloopt zal de aangeleverde spanning dalen; de regulator zal 5 Vdc blijven leveren zolang de aangeleverde spanning boven 5 Vdc blijft



Communicatie

- Het communicatie deelsysteem is een radiozender die telemetrie (sensor gegevens) naar het grondstation verstuurt
  - De radiozender heeft zijn eigen processor die gegevens van de computer ontvangt en dit formatteert in een AX.25 protocol
  - Het AX.25 protocol is een methode om informatie te versturen
    - Het formatteert de gegevens en voegt extra informatie toe om fouten in de verzending van de telemetrie eenvoudiger te herkennen



Communicatie protocollen

- Bij communicatie wordt gebruik gemaakt van een of ander type protocol
  - Een protocol is eenvoudig gezegd een methode om informatie te formatteren en een communicatie methode
  - Een gegevensstructuur wordt gebruikt die informatie bevat over het aanspreken van een ontvanger, het identificeren van een zender, het identificeren van het type gegevens en fouten detectie en correctie
- Een protocol kan ook een procesvolgorde bevatten, denk bijvoorbeeld aan het volgende; Een protocol kan een verbinding aanvragen, confirmatie geven over ontvangst van de gegevens, hertransmissie aanvragen, etc.
- Een protocol kan zo eenvoudig zijn als een omschrijving van de transmissie opmaak
- Een voorbeeld:

Aanhef	Gegevens	Controlesom
8 bits	32 bytes	16 bits

- Het protocol hierboven is niets meer dan een opmaak (‘data format’)
  - De eerste 8 bits zijn de aanhef die door de ontvanger gebruikt moeten worden om het begin van een boodschap te herkennen
  - De volgende 32 bytes zijn de daadwerkelijke gegevens
  - De laatste 16 bits zijn voor de controlesom die de ontvanger gebruikt om te bepalen of de boodschap zonder fouten is ontvangen

AX.25 protocol

- Het AX.25 protocol is een digitaal communicatie protocol voor amateur radio
  - Het is aangepast van het X.25 protocol om amateur radio *roepnamen* te ondersteunen
  - De CanSat gebruikt een deelset van het AX.25 protocol genaamd *UI Frame*
  - Het AX.25 protocol wordt ook gebruikt voor een ander soort communicatie genaamd APRS (Automatische Locatie Rapporteringsysteem)
  - APRS gebruikt het AX.25 protocol om korte sets data te verzenden
  - Het wordt in de radio amateur gemeenschap gebruikt voor het verzenden van weerberichten, positiecoördinaten en andere korte bundels van gegevens
  - De CanSat maakt gebruik van de APRS indeling voor de datapakketten

Het AX.25 frame **Alle APRS transmissies gebruiken AX.25 UI-Frames met 9 gegevens velden**

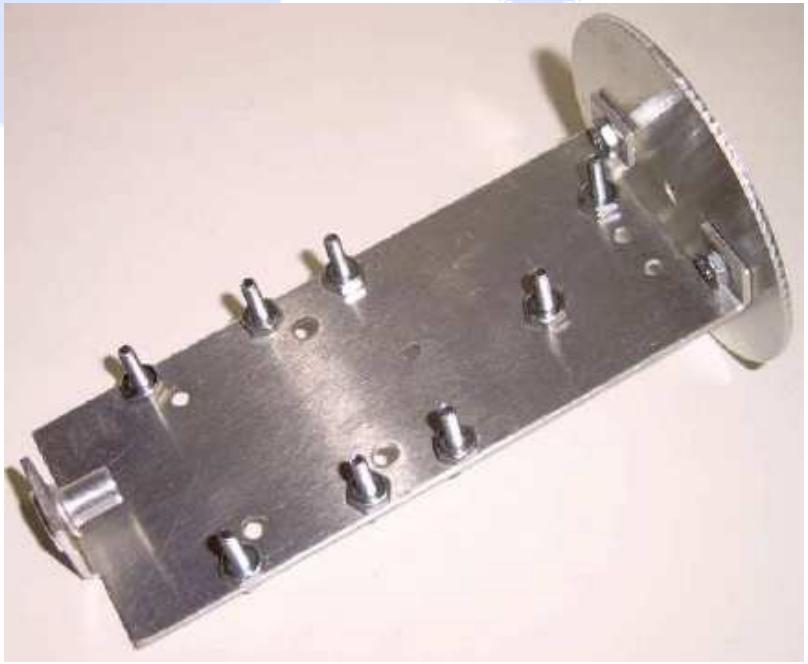
AX.25 UI-Frame indeling									
	Vlag	Bestemmings-adres	Bron-adres	Digipeater adressen (0-8)	Controleveld (UI)	Protocol ID	Informatie veld	FCS	Vlag
Bytes	1	7	7	0-56	1	1	1-256	2	1

Standregeling

- De CanSat heeft een simpel standregelsysteem: een parachute
  - De parachute houdt de CanSat in de goede oriëntatie
  - Hij houdt de antennes naar de grond gericht
  - De CanSat kan alleen roteren om zijn lengte-as
  - De parachute zorgt er voor dat de CanSat niet kan tuimelen
  - De parachute is in zijn functie te vergelijken met een reactiewiel

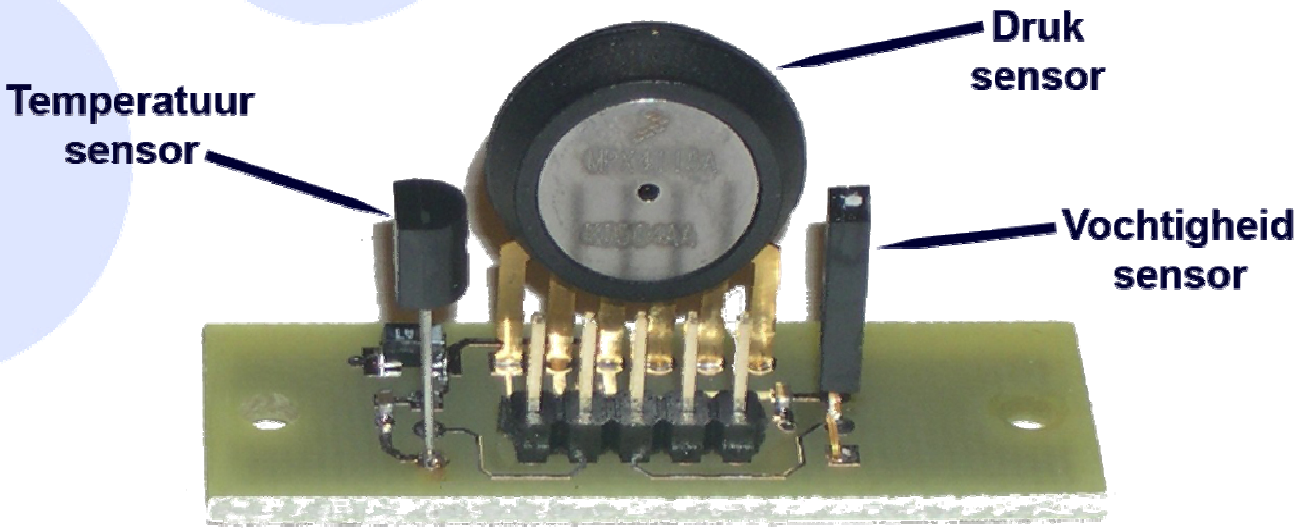
CanSat structuur

- De CanSat is ontworpen om eenvoudig in het gebruik te zijn en om tegen een stootje te kunnen
  - De structuur bestaat uit een aluminium plaat met gaten om componenten op te monteren
  - De structuur heeft een moer om de parachute aan te verbinden



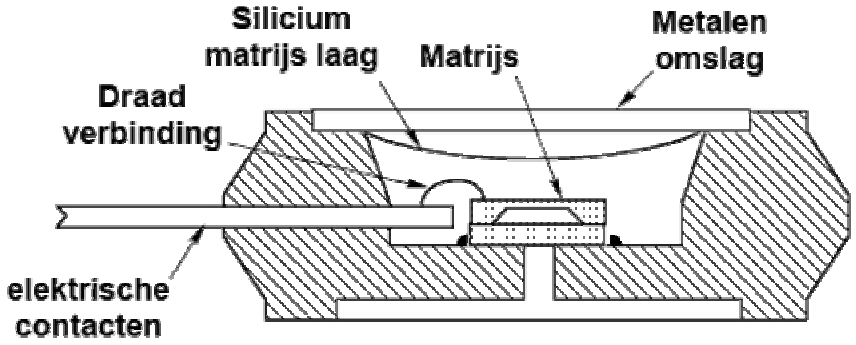
Sensoren payload

- Er zitten 2 type sensoren op de CanSat kit voor de primaire missie
  - Druk sensor
  - Temperatuur sensor
- De vochtheidsensor is niet meer aanwezig in de nieuwe CanSat kit
- Tezamen vormen deze sensoren de sensoren module
- De sensoren zijn verbonden met de analoog-naar-digitaal omvormer van de computer omdat ze een voltage genereren gebaseerd op hun metingen



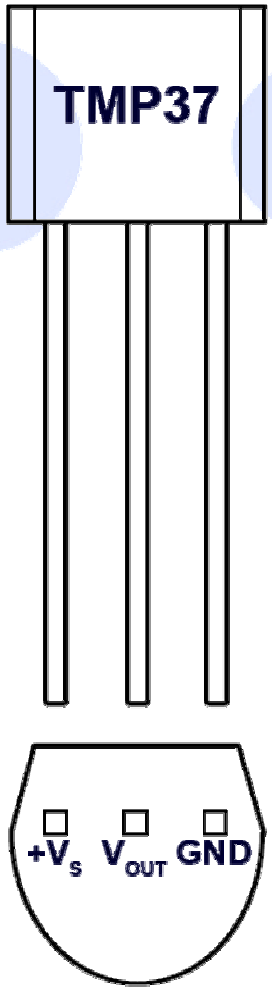
Druk sensoren

- De sensor meet de lokale luchtdruk die vervolgens wordt omgezet in een corresponderende spanning (voltage)
  - De verhouding tussen gemeten druk en de spanning is lineair evenredig
  - De sensor maakt gebruik van een piezoresistief materiaal dat van weerstand veranderd afhankelijk van de druk die het ondervindt
  - Achter dit materiaal bevindt zich een kamer onder vacuüm
  - Het vacuum fungeert als referentie



Temperatuur sensor

- De temperatuur sensor is een zeer klein geïntegreerd circuit
  - Er wordt een diode gebruikt om de temperatuur te meten
  - De geleidingseigenschappen van de diode veranderen afhankelijk van de temperatuur
  - Deze verandering wordt omgezet in een proportionele voltage



Samenvatting

- Dit lespakket heeft alle deelsystemen van de CanSat kit uitgelegd aan de hand van een satelliet voorbeeld
- Het moet je nu duidelijk zijn hoe de deelsystemen werken en hoe ze onderling functioneren